动 物 学 研 究 2001, Dec. 22 (6): 507 ~ 510
Zoological Research
CN 53 - 1040/Q ISSN 0254 - 5853

简 报

EPG 即时显示软件 Realdisplay 的开发和利用

张 闲 陈建群[①] 张鹏飞
(南京大学生物科学与技术系 南京 210093)

摘要：研究和开发了在刺吸式植食性昆虫取食行为研究中，刺吸电位技术（EPG）的一种新的应用软件 Realdisplay。该软件可任意选择 EPG 信号采集频率和显示的通道数，也可以在同一屏幕上同时以不同的信号采集频率即时清晰地显示 1 个通道的 EPG 信号，使研究者能准确地了解和控制昆虫的即时行为细节。此外，该软件存储的 EPG 信息为实验过程中每一时刻的电势值，因而后续分析和统计极为方便。因此，Realdisplay 强化了 EPG 技术的功能，拓宽了 EPG 技术的应用领域。为研究刺吸式植食性昆虫的取食行为细节，昆虫与病毒、宿主植物的关系提供了有力的工具。

关键词：即时显示；刺吸电位技术；刺吸式植食性昆虫
中图分类号：Q968.1，Q334 **文献标识码**：A **文章编号**：0254 - 5853(2001)06 - 0507 - 04

刺吸电位技术（electrical penetration graph, EPG）发展成熟于 20 世纪 80 年代末（Tjallingii, 1978, 1988），是在 McLean & Kinsey（1964）设计、制造的取食监测仪（electrical feeding monitor）基础上发展起来的专门用于研究刺吸式植食性昆虫在宿主植物上刺探、取食行为的一种技术。其基本原理是将一信号放大器的 2 个电极分别与供试昆虫和植物连接，当昆虫口针刺入植物组织时，即形成一个回路。基于回路中昆虫和植物两者电阻和电生理特性的变化，通过系统输出端的不同信号（即 EPG 波形）来清晰地反映昆虫的行为，其时间精度可达 0.01 s。灵敏、高效、准确的特性使 EPG 技术特别适用于与刺吸式植食性昆虫取食行为有关的研究，如昆虫电生理、取食过程、传毒机理、传毒昆虫与宿主植物的关系，以及植物抗性机制、植物电信号、高纯度植物筛管汁液的获取等众多领域。计算机在 EPG 中的应用使 EPG 信号的数字化及其记录、保存和分析更为有效。由荷兰华赫宁根农业大学 Tjallingii（1988）研制的用于 PC 的 Stylet 和由法国国家农业研究院 Febvay（1996）等研制的用于 Macintosh 的 MacStylet 软件就具备这样的优势。但是昆虫取食行为及许多与之相关的研究，如蚜虫取食行为的细节与病毒获得及传播的关系等，要求 EPG 波形既能即时显示，又有足够的大小和清晰度，还可及时地加以控制，Stylet 不仅不能满足这样的要求，而且存储、分析较为复杂；而 MacStylet 则由于 Macintosh 电脑价格和兼容性等问题，国内使用 Macintosh 的实验室极少。因此，我们研制了适用于 PC，在屏幕上能够即时清晰地显示 EPG 信号，集记录、保存、分析为一体的软件，以满足广大 Stylet 使用者的迫切需求。

1 对硬件的基本要求

计算机：奔腾 166 中央处理器，8 M 内存，1 G 硬盘及其他计算机基本外设。

AD 卡：普通的数模转换卡。我们使用的是 KEITHLEY METRABYTE 公司的 DAS800。

EPG 仪：荷兰华赫宁根农业大学生产的 Giga 系列（email: freddy.tjallingii @ medew.ento.wau.nl）。我们使用的是 Giga ~ 8。

收稿日期：2001 - 01 - 21；修改稿收到日期：2001 - 03 - 26
基金项目：国家自然科学基金资助项目（39870141）；教育部优秀年轻教师基金资助项目
①通讯作者，E-mail：chenjq@nju.edu.cn

2 即时显示软件的特点和使用

即时显示软件 Realdisplay 用 Basic 语言编写，可以在 DOS 或 Windows 环境下运行。可按指定的频率从 AD 卡上获取数据，即时绘出 EPG 波形。

2.1 EPG 信号的采集

2.1.1 通道数 Realdisplay 可以显示 1~8 个通道的 EPG 信号。比 Stylet 明显优越的是，它还可以在同一屏幕上同时以不同的信号采集频率显示 1 个通道的 EPG 信号（图 1）。

2.1.2 信号采集频率 Realdisplay 可以根据需要指定信号采集频率，这样获得的 EPG 信号能满足使用者的不同要求。而 Stylet 的信号采集频率则固定为 100 Hz。

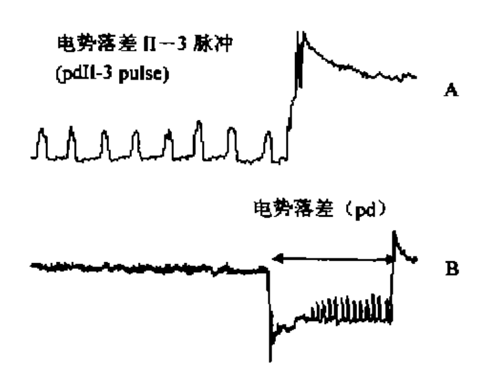


图 1 Realdisplay 的 EPG 信号显示视窗
Fig.1 The EPG-displaying window of Realdisplay
信号采集频率 A 为 100 Hz，B 为 20 Hz（A is EPG signal acquired in 100 Hz, and B is one in 20 Hz）。

2.2 EPG 信号的即时显示

Realdisplay 程序运行后，即在屏幕上按照预先设定的参数要求同步显示刺吸式植食性昆虫取食过程的 EPG 波形（图 1B）。还可以在同一屏幕上同步显示不同采集频率的昆虫取食过程的 EPG 信号（图 1）。使用者可以即时观察、分析 EPG 信号，获得更为完整和详细的昆虫取食行为信息，并据此进行相应的实验操作。例如，在蚜虫获毒、传毒研究中，我们应用 Realdisplay，选用 1 个通道，并设计把屏幕一分为二，以不同频率同时采集同一蚜虫的 EPG 信号。屏幕的上半部分选择 100 Hz 的信号采集频率，即每隔 0.01 s 取 1 个数据，绘出相应的点，构成具足够大小和清晰度的 EPG 波形，每 6.4 s 刷新 1 次屏幕；下半部分选择 20 Hz 的信号采集频率，32 s 刷新 1 次屏幕。这样，使用者既可以通过屏幕上半部分的高频率 EPG 波形精确判断蚜虫取食的各行为细节，又能通过屏幕下半部分的低频率 EPG 波形总体把握该蚜虫的取食行为。因此，Realdisplay 的使用者可以在实验过程中清楚地了解和及时地控制蚜虫取食的某个行为细节，从而在蚜虫特定的取食行为结束的瞬间及时进行人为干预、阻止该行为后续过程的出现，以分析该行为与蚜虫获毒、传毒的关系。

2.3 EPG 信号的存储

Realdisplay 由使用者指定 EPG 信号存储的文件名和目录，在程序运行结束之后即在指定目录下生成由使用者命名的、以“.dat”为后缀的数据文件。该文件是 ASCII 码文件，以数字信号的形式精确记录了实验过程中每一时刻的电势值。而 Stylet 中 EPG 信号存储的文件名和目录是固定的，不便于数据的整理和分析。

另外，在 Stylet 的使用过程中，经常会由于信号太大而无法记录到完整的 EPG 波形，造成 EPG 信号的丢失、即信号溢出。而 Realdisplay 基本解决了 EPG 信号溢出的问题。由于是即时显示，当出现溢出情况时可以进行手动微调。即使没有进行调整，即时显示的波形不完整，也可以根据实验过程中每一时刻的精确电势值，在数据处理软件 Origin 中通过坐标变换重新绘出完整的 EPG 波形，完成后续的分析、统计。可记录的电势信号范围取决于 AD 卡，采用 DAS800 时，可记录的电势信号范围为 ±5 V。

2.4 EPG 信号的分析

在 Windows 下，运行 Origin，打开 Realdisplay 的后缀为“.dat”的数据文件就可以对 EPG 信号进行分析（图 2）。Origin 是一个功能强大、界面友好的数据分析和作图软件，目前已为国内外科技工作者广泛使用。应用 Origin 可任意地缩放 EPG 图像，并可根据选取的点重新绘制 EPG 波形，也可统计各种 EPG 指标。在我们的研究工作中，对电势落差波的个数、各电势落差的持续时间、pdII3 中的脉冲数等 EPG 指标进行了详细的统计、分析。

借助于 Realdisplay，可以得到 EPG（图 2）上任意一点的精确电势值及其对应的时刻，比 Stylet 单纯的波形信号拥有更多的信息。所以，由 Realdisplay 获得的 EPG 信号能够在 Origin 中进行非常精确的定位和定量分析，并能对刺吸式植食性昆虫取食过程中的电势变化进行探入的研究，以揭示其中

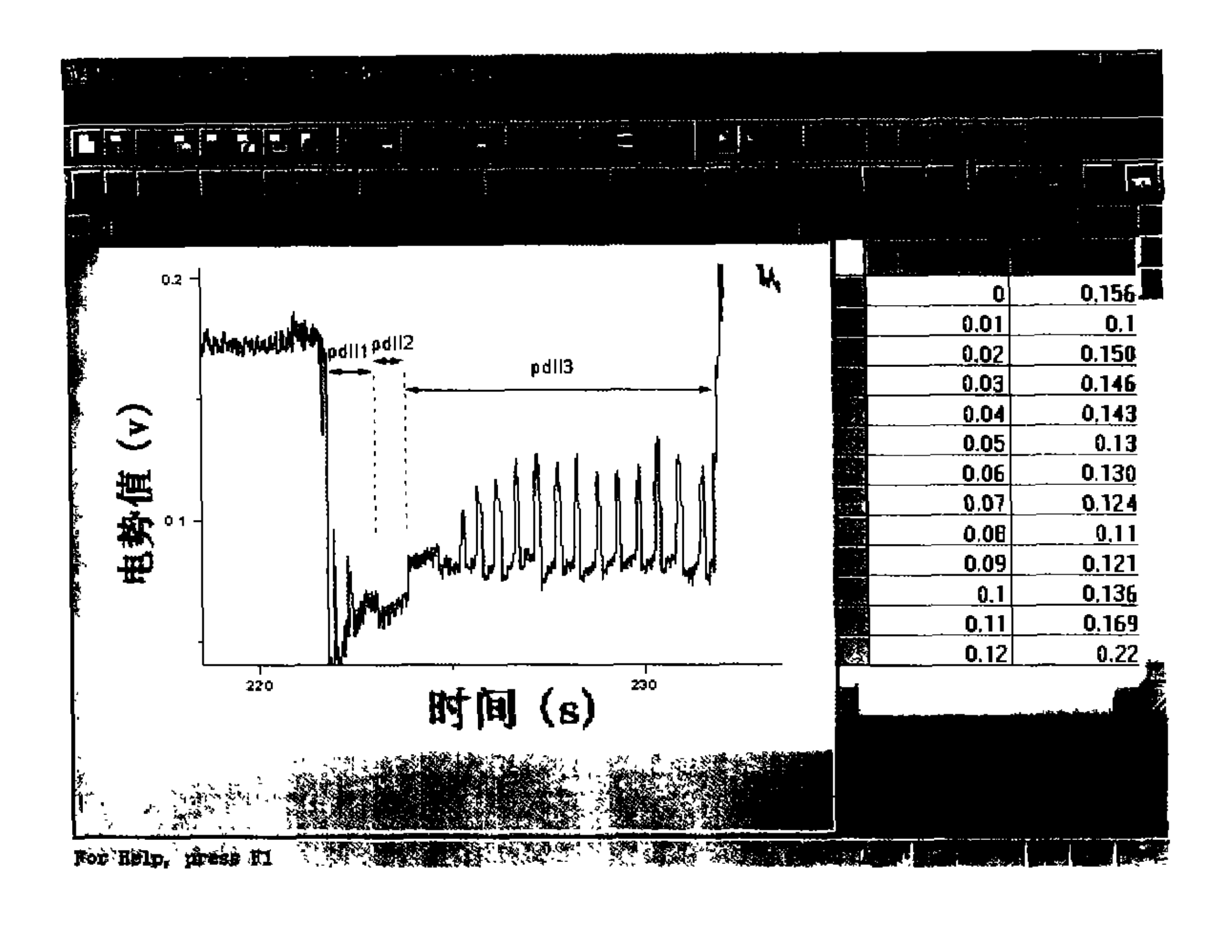


图 2　Origin 分析视窗下由 Realdisplay 生成的 EPG 信号

Fig.2　EPG signals acquired by Realdisplay in the analysis window of Origin

的生物学奥秘。

3 结　论

Realdisplay 能够即时、清晰地显示 EPG 信号，使研究者能够准确地了解刺吸式植食性昆虫取食行为的细节，即时控制和准确把握实验进程，并可精确获得实验过程中任一时刻的电势值，操作简单，数据存储、分析和统计方便，实用性强。Realdisplay 改善了原有软件 Stylet 的不足，强化了 EPG 技术的功能，拓宽了 EPG 的应用领域，为研究刺吸式植食性昆虫的取食行为细节及其与病毒、宿主植物的关系提供了有力的工具。

参 考 文 献

Febvay G, Rahbe Y, Helden M van, 1996. MacStylet, software to analyze electrical penetration graph data on the Macintosh[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **80**: 105 – 108.

McLean D L, Kinsey M G, 1964. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation[J]. *Nature*, **202**: 1358 – 1359.

Tjallingii W F, 1978. Electronic recording of penetration behaviour by aphids[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **24**: 721 – 730.

Tjallingii W F, 1988. Electrical recording of penetration activities[A]. In: Minks A K, Harrewijn P. Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control[M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 95 – 108.

Realdisplay, Software to Display EPG Simultaneously, in the Studies on Feeding Behavior of Piercing-sucking Insects

ZHANG Xian CHEN Jian-Qun[①] ZHANG Peng-Fei

(*Department of Life Sciences and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

Abstract: A new software, of EPG technique, Realdisplay, was developed for the study of feeding behavior of piercing-sucking insects on plants. The new software could divide, according to the user's will, the monitor screen into several parts, each simultaneously displaying the EPG signals of the specific channel and sampling frequency. The researcher could exactly and simultaneously know and control the insect feeding behavior. The voltage at each moment is deposited, therefore, it is convenient for the following analysis and statistics. The software strengthens the function of EPG technique and expands its application field. It provides a useful tool for the study on the details of feeding behavior of piercing-sucking insects on plants, and for the study on the interaction among the insect, virus and the host plant.

Key words: Realdisplay; EPG; Piercing-sucking insect

①Author for correspondence, E-mail: chenjq@nju.edu.cn

创新工程结硕果

中国科学院昆明动物研究所始建于1959年。历经40余年的艰苦努力，现已发展成为具有一定规模和特色、多学科相互交叉渗透的综合性动物学研究机构。1999～2000年，在中国科学院知识创新工程建设的推动下，昆明动物研究所在科研目标凝练和学科建设、创新机制转换、队伍建设和人才培养、科研成果转化、创新文化与园区建设等方面都取得了长足的进展。

凝练学科目标，强化科技创新 通过资源配置、政策导向和学科带头人招聘等方式，对已往的学科结构进行了优化组合，促进了学科的交叉融合。确立了"进化生物学、资源动物学和保护生物学"三个优势学科。与此同时，注重前沿领域的发展和科技成果转化，从而增强了研究所的竞争能力和创新能力。

强化合作交流，谋求共建发展 建立了与国内外高等院校、科研院所、地方企事业单位及其他社会力量广泛合作与联合发展的开放研究体系，最大限度地争取资源，参与国际竞争。如"中国科学院细胞和分子进化开放研究实验室"；与云南省共建的"畜禽分子生物学重点实验室"、"动物生殖生物学重点实验室"以及正在筹建的"胚胎工程研究中心"；与美国威斯康星大学共建的"中－美灵长类生物学联合实验室"；与德国马普学会（Max-Planck Society, Germany）合作并建立的"中科院－马普青年科学家小组"等。

重视队伍建设，培育引进人才 建立了以培养硕士和博士研究生、博士后流动站及选送优秀科技人员出国留学为主，在职培训为辅的多渠道、多层次的人才培养体系。目前在所博士后6人、博士生39人、硕士生21人、高级访问学者2人。从国外聘请优秀人才6人。

健全支撑系统，提供有力保障 昆明动物研究所动物标本馆是我国热带、亚热带动物种类和数量收藏最多的标本馆，现有馆藏标本56万号。在此基础上，中国科学院与云南省人民政府将在我所共同投资兴建"昆明动物博物馆"。该馆将采用研究标本与展出标本相结合的模式，成为我国动物科学研究、物种保护管理以及科普教育的重要基地。

图书情报信息网络中心现有馆藏图书20余万册。建立了局域网络信息系统，并连入中国科技网，成为中国骨干科技网的一个分支节点。基本实现了馆藏文献特色化、服务功能多样化、服务手段现代化的管理格局。为查阅、检索国内外学科发展新动态提供了便捷的途径。

我所主办的《动物学研究》创刊于1980年。是国内外公开发行的学报级学术性期刊。20余年共出版正刊95期，增刊12期，发表论文1912篇。2000年荣获中国科学院优秀期刊三等奖。2001年被新闻出版总署选为中国期刊方阵的双效期刊。

（下转第515页）